

REC'D PTO 02 JUN 2004

04537194
PCT/JP03715462

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

03.12.03

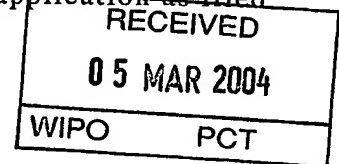
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月31日

出願番号
Application Number: 特願2003-095737
[ST. 10/C]: [JP2003-095737]

出願人
Applicant(s): JFEスチール株式会社

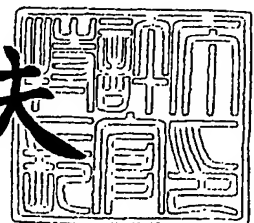


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3112211

【書類名】 特許願

【整理番号】 2003S00174

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 C21D 8/12

【発明の名称】 磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板およびその製造方法

【請求項の数】 4

【発明者】

【住所又は居所】 岡山県倉敷市水島川崎通 1 丁目（番地なし） 川崎製鉄株式会社 水島製鉄所内

【氏名】 高島 稔

【発明者】

【住所又は居所】 岡山県倉敷市水島川崎通 1 丁目（番地なし） 川崎製鉄株式会社 水島製鉄所内

【氏名】 河野 雅昭

【特許出願人】

【識別番号】 000001258

【氏名又は名称】 川崎製鉄株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072051

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 興作

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 074997

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0018860

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 質量%で、

C : 0.02% 以下、

Si : 4.5% 以下、

Mn : 3.0% 以下、

Al : 3.0% 以下、

P : 0.50% 以下、

Ni : 5.0% 以下および

Cu : 0.2% 以上 4.0% 以下

を含有し、残部 Fe および不可避免の不純物の成分組成を有し、降伏応力が下記式で示される CYS (MPa) 以上であることを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板。

記

$$\text{CYS} = 180 + 5600 [\% \text{C}] + 95 [\% \text{Si}] + 50 [\% \text{Mn}] + 37 [\% \text{Al}] \\ + 435 [\% \text{P}] + 25 [\% \text{Ni}] + 22 d^{-1/2}$$

ただし、d : 結晶粒の平均粒径 (mm)

【請求項 2】 請求項 1 において、成分組成として、さらに Zr、V、Sb、Sn、Ge、B、Ca、希土類元素および Co から選んだ 1 種または 2 種以上を、

Zr および V についてはそれぞれ 0.1~3.0%、

Sb、Sn および Ge についてはそれぞれ 0.002~0.5%、

B、Ca および希土類元素についてはそれぞれ 0.001~0.01%、そして

Co については 0.2~5.0%

にて含有することを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板。

【請求項 3】 質量%で、

C : 0.02% 以下、

Si : 4.5% 以下、

Mn: 3.0%以下、

Al: 3.0%以下、

P: 0.50%以下、

Ni: 0.5%以上5.0%以下および

Cu: 0.2%以上4.0%以下

を含有する鋼スラブに、熱間圧延を施した後、冷間圧延あるいは温間圧延を施して最終板厚とし、次いでCu固溶温度 (Ts) +10℃以上に加熱した後、Cu固溶温度から400℃まで10℃/s以上の速度で冷却する仕上焼鈍を施し、その後400℃以上650℃以下の温度にて時効処理を施すことを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板の製造方法。

【請求項4】 質量%で、

C: 0.02%以下、

Si: 4.5%以下、

Mn: 3.0%以下、

Al: 3.0%以下、

P: 0.50%以下、

Ni: 0.5%以上5.0%以下および

Cu: 0.2%以上4.0%以下

を含み、さらにZr、V、Sb、Sn、Ge、B、Ca、希土類元素およびCoから選んだ1種または2種以上を、

ZrおよびVについてはそれぞれ0.1~3.0%、

Sb、SnおよびGeについてはそれぞれ0.002~0.5%、

B、Caおよび希土類元素についてはそれぞれ0.001~0.01%、そして

Coについては0.2~5.0%

にて含有する鋼スラブに、熱間圧延を施した後、冷間圧延あるいは温間圧延を施して最終板厚とし、次いでCu固溶温度 (Ts) +10℃以上に加熱した後、Cu固溶温度から400℃まで10℃/s以上の速度で冷却する仕上焼鈍を施し、その後400℃以上650℃以下の温度にて時効処理を施すことを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、無方向性電磁鋼板、特に高速回転モータのロータを典型例とする、大きな応力がかかる部品に用いて好適な、高強度でかつ低鉄損の特性を有する無方向性電磁鋼板およびその製造方法に関するものである。

【0002】**【従来技術】**

近年、モータの駆動システムの発達により、駆動電源の周波数制御が可能となり、可変速運転や商用周波数以上で高速回転を行うモータが増加している。このような高速回転を行うモータでは、高速回転に耐え得るロータが必要になる。すなわち、回転体に作用する遠心力は回転半径に比例し、回転速度の2乗に比例して大きくなるため、中・大型の高速モータではロータに作用する応力が600MPaを超える場合もある。従って、こうした高速回転モータでは、ロータの強度が高いことが必要となる。

【0003】

また、近年のモータ効率向上の観点から増加した、ロータに永久磁石を埋め込んだ磁石埋設型DCインバータ制御モータでは、遠心力でロータから磁石が飛び出そうとするが、これを抑える際に、ロータに使用された電磁鋼板には大きな力が掛かる。このためにも、モータ、特にロータに使用される電磁鋼板には、高強度が必要とされている。

【0004】

モータ、発電機などの回転機器は、電磁気現象を利用するため、その素材には磁気特性、すなわち低鉄損、高磁束密度であることが望ましい。通常、ロータコアはプレス打ち抜きした無方向性電磁鋼板を積層して使用するが、高速回転モータにおいてロータ素材が上述の機械強度が満足できない場合は、より高強度の鋳鋼製ロータなどを使用せざるを得ないのが現状である。しかしながら、鋳物製ロータは一体物であるため、ロータに作用するリップル損と呼ばれる高周波磁束による渦電流損が電磁鋼板を積層したロータより大きく、モータ効率が低下してし

もう要因となっている。従って、磁気特性に優れ、かつ高強度の電磁鋼板がロータ用素材として要望されているのである。

【0005】

金属学的には、高強度化の手段として、固溶強化、析出強化および結晶粒微細化の3つの方法が知られており、電磁鋼板に適用した例も見られる。例えば、固溶強化を利用したものとしては、特許文献1には、Si含有量を3.5～7.0%に高めたうえに固溶強化能の大きい元素を添加する方法が開示されている。また、特許文献2には、Si含有量を2.0～3.5%とし、NiあるいはNiとMnの両方の含有量を高め、650～850℃という低温焼鈍により製造することで再結晶粒径を制御する方法が開示されている。さらに、析出強化を利用する方法としては、特許文献3に、Si含有量を2.0～4.0%とし、Nb, Zr, Ti, Vの微細な炭化物、窒化物を析出させる方法が開示されている。

【0006】

【特許文献1】

特開昭60-238421号公報

【特許文献2】

特開昭62-256917号公報

【特許文献3】

特開平6-330255号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

これらの方法により、ある程度の高強度を有する電磁鋼板が得られる。しかしながら、特許文献1に記載されるようなSi量が多い鋼では、冷間圧延性が著しく低下し、安定的な工業生産が困難となる不利がある。さらに、この技術により得られる鋼板は磁束密度 B_{50} が1.56～1.60 Tと大幅に低下してしまうという問題もあった。

【0008】

特許文献2における方法では、機械強度を高めるため低温焼鈍による再結晶粒成長の抑制が必要となるため、磁気特性、特に比較的周波数の低い商用周波数が

ら数100Hzでの鉄損が低下するという問題があった。

【0009】

一方、特許文献3に記載の方法では、炭、窒化物自体が磁壁移動の障壁となるため、また炭、窒化物が電磁鋼板の結晶粒成長を妨げるため、鉄損に劣るという問題がある。

【0010】

以上のように、従来の方法は、安定的に工業生産可能な電磁鋼板において、高強度と低鉄損とを両立するという観点からは、いずれも満足できるものでは無かった。

【0011】

本発明は、良好な磁気特性と高強度とを両立した無方向性電磁鋼板およびこの鋼板を工業的に安定して生産することを可能とする製造方法について提案することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

発明者らは、上記課題を解決するために、Cuを含んだ鋼の時効硬化現象に着目して種々の検討を行った結果、良好な鉄損と高強度とを両立するための手段を確立するに到った。すなわち、鋼中の析出物は高強度化に寄与すると同時に、磁壁移動を抑制して劣化させるという、従来の知見に反して、鋼中にCuを適量添加して時効処理を行うことにより、20nm以下の極微細にCuを析出させることが可能であること、そして、こうして得られた極微細析出物は、高強度化に非常に有効であるが、鉄損（履歴損）はほとんど劣化させないことを、新規に知見した。

【0013】

本発明の要旨構成は、以下の通りである。

(1) 質量%で、

C: 0.02%以下、

Si: 4.5%以下、

Mn: 3.0%以下、

Al: 3.0%以下、

P : 0.50%以下、

Ni : 5.0%以下および

Cu : 0.2%以上4.0%以下

を含有し、残部Feおよび不可避免の不純物の成分組成を有し、降伏応力が下記式で示されるCYS (MPa) 以上であることを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板。

記

$$\text{CYS} = 180 + 5600 [\% \text{C}] + 95 [\% \text{Si}] + 50 [\% \text{Mn}] + 37 [\% \text{Al}]$$

$$+ 435 [\% \text{P}] + 25 [\% \text{Ni}] + 22 d^{-1/2}$$

ただし、d : 結晶粒の平均粒径 (mm)

【0014】

(2) 上記(1)において、成分組成として、さらにZr、V、Sb、Sn、Ge、B、Ca、希土類元素およびCoから選んだ1種または2種以上を、

ZrおよびVについてはそれぞれ0.1~3.0%、

Sb、SnおよびGeについてはそれぞれ0.002~0.5%、

B、Caおよび希土類元素についてはそれぞれ0.001~0.01%、そして

Coについては0.2~5.0%

にて含有することを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板。

【0015】

(3) 質量%で、

C : 0.02%以下、

Si : 4.5%以下、

Mn : 3.0%以下、

Al : 3.0%以下、

P : 0.50%以下、

Ni : 0.5%以上5.0%以下および

Cu : 0.2%以上4.0%以下

を含有する鋼スラブに、熱間圧延を施した後、冷間圧延あるいは温間圧延を施して最終板厚とし、次いでCu固溶温度 (Ts) +10℃以上に加熱した後、Cu固溶温度

から400℃まで10℃/s以上の速度で冷却する仕上焼鈍を施し、その後400℃以上650℃以下の温度にて時効処理を施すことを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板の製造方法。

【0016】

(4) 質量%で、

C: 0.02%以下、

Si: 4.5%以下、

Mn: 3.0%以下、

Al: 3.0%以下、

P: 0.50%以下、

Ni: 0.5%以上5.0%以下および

Cu: 0.2%以上4.0%以下

を含み、さらにZr、V、Sb、Sn、Ge、B、Ca、希土類元素およびCoから選んだ1種または2種以上を、

ZrおよびVについてはそれぞれ0.1~3.0%、

Sb、SnおよびGeについてはそれぞれ0.002~0.5%、

B、Caおよび希土類元素についてはそれぞれ0.001~0.01%、そして

Coについては0.2~5.0%

にて含有する鋼スラブに、熱間圧延を施した後、冷間圧延あるいは温間圧延を施して最終板厚とし、次いでCu固溶温度(T_s) +10℃以上に加熱した後、Cu固溶温度から400℃まで10℃/s以上の速度で冷却する仕上焼鈍を施し、その後400℃以上650℃以下の温度にて時効処理を施すことを特徴とする磁気特性の優れた高強度無方向性電磁鋼板の製造方法。

【0017】

【発明の実施の形態】

次に、本発明について、その構成要件毎に詳述する。

(鋼板の成分組成)

まず、成分組成範囲およびその限定理由を説明する。なお、本明細書において鋼組成を表す%は、特にことわらない限り質量%を意味するものである。

C : 0.02% 以下

C 量が 0.02% を超えると磁気時効により鉄損が著しく劣化するため、0.02% 以下に制限する。

【 0 0 1 8 】

Si : 4.5% 以下

Si は、脱酸剤として有用であることに加え、電気抵抗の増加により電磁鋼板の鉄損を低減する効果が大い。さらに、固溶強化により強度向上に寄与する。脱酸剤としては、0.05% 以上で効果が顕著となる。鉄損低減や固溶強化のためには 0.5%、好適には 1.2% 以上で含有させる。しかし、4.5% を超えると、鋼板の圧延性の劣化が激しくなるため、その含有量は 4.5% 以下に制限する。

【 0 0 1 9 】

Mn : 3.0% 以下

Mn は、固溶強化による強度向上に有効な元素であることに加え、熱間脆性の改善に有効な元素であり、好ましくは 0.05% 以上で含有させる。しかし、過剰な添加は鉄損の劣化をもたらすため、その含有量を 3.0% 以下に制限する。

【 0 0 2 0 】

Al : 3.0% 以下

Al は、脱酸剤として有効であり、好ましくは 0.5ppm 以上で含有させる。しかし、過剰な添加は圧延性の低下をもたらすので、その添加量を 3.0% 以下に制限する。

【 0 0 2 1 】

P : 0.50% 以下

P は、比較的少量の添加でも大幅な固溶強化能が得られるため高強度化に極めて有効であり、好ましくは 0.01% 以上で含有させる。一方、過剰な含有は偏析による脆化を引き起し、粒界割れや圧延性の低下をもたらすため、その含有量は 0.50% 以下に制限する。

【 0 0 2 2 】

Ni : 5.0% 以下

Ni は、固溶強化による高強度化に有効な元素であり、好ましくは 0.1% 以上で

含有させる。しかし、5.0%を超えると、その効果は飽和しコスト高をまねくだけになるため、その上限を5.0%とする。

【0023】

Cu: 0.2%以上4.0%以下

Cuは、時効処理によって微細な析出物を形成することにより、ほとんど鉄損（履歴損）の劣化を伴わずに、大幅な強度上昇をもたらす。その効果を得るには、0.2%以上が必要である。一方、4.0%を超えると粗大な析出物が形成されるため、鉄損の劣化が大きくなるとともに、強度上昇代も低下する。従って、Cuの含有量は0.2%以上4.0%以下、好適には0.5%以上2.0%以下の範囲とする。

【0024】

上記元素の他は、Fe（鉄）および不可避免の不純物である。不可避免の不純物としてのSおよびNは、鉄損の観点からそれぞれ0.01%以下とすることが望ましい。

【0025】

本発明に係わる無方向性電磁鋼板の基本組成は以上の通りであるが、上記成分に加えて、磁気特性の改善元素として知られるZr, V, Sb, Sn, Ge, B, Ca, 希土類元素およびCoを単独または複合で添加することが出来る。しかし、その添加量は本発明の目的を害さない程度にすべきである。具体的には、

Zr, Vについては0.1~3.0%、

Sb, Sn, Geについては0.002~0.5%、

B, Ca, および希土類元素については0.001~0.01%、

Coについては0.2~5.0%

である。

【0026】

（鋼板の組織、特性値）

本発明に係わる無方向性電磁鋼板では、鋼板中のCuが鋼中に微細に析出していることが重要である。Cuが固溶状態（未析出状態）で存在しても、高強度化されない。一方、20nmを超えるCu析出物は、鉄損を劣化させるばかりでなく、高強度化に寄与しない。したがって、鉄損を劣化させずに、高強度化に寄与する20nm以下の微細析出物としてCuを存在させることが重要である。

【0 0 2 7】

Cu量を0.20~4.0%、好ましくは0.5~2.0%とした鋼では、500℃×10 hの時効焼鈍により、鋼中に平均5nm程度のCu析出物を微細に析出させることができ、その結果、150MPa程度の強度上昇を得ることができる。特にCu量が最適である0.5%以上、2.0%以下であるときには、強度上昇は150MPaから250MPaとすることができる。その結果製品の降伏応力 Y S (MPa) は、下記式で表されるCYS 以上となる。

記

$$\begin{aligned} \text{CYS} = & 180 + 5600 [\% \text{C}] + 95 [\% \text{Si}] + 50 [\% \text{Mn}] + 37 [\% \text{Al}] \\ & + 435 [\% \text{P}] + 25 [\% \text{Ni}] + 22 d^{-1/2} \end{aligned}$$

【0 0 2 8】

ここで、dは製品の平均結晶粒径（直径：mm）であり、ナイトール腐食液などでエッチングされた試料を光学顕微鏡により観察し、観察視野面積と視野内の結晶粒数より結晶粒の円相当径として求められるものである。平均結晶粒径dが小さいほど高強度化されるが、鉄損が劣化する。そのため、求められる強度、鉄損特性に応じて結晶粒径dを調整する。

【0 0 2 9】

（製造方法）

本発明に係わる鉄損に優れた高強度無方向性電磁鋼板を製造するためには、まず、転炉あるいは電気炉などにて、前記した所定成分に溶製された鋼を、連続铸造あるいは造塊後の分塊圧延により鋼スラブとする。次いで、得られたスラブを熱間圧延し、必要に応じて熱延坂焼鈍を施し、一回あるいは中間焼鈍を挟む二回以上の冷間圧延あるいは温間圧延を施して製品板厚とし、仕上げ焼鈍を施し、その後時効処理を施す。さらに、仕上げ焼鈍後のいずれかの段階において、必要に応じて絶縁被膜の塗布および焼き付け処理を行う。

【0 0 3 0】

上記の仕上焼鈍は、Cuを固溶させるため、焼鈍温度を {Cu固溶温度 (Ts) +10℃} 以上とし、仕上焼鈍の冷却過程において、Cuの析出を抑制するためにCu固溶温度から400℃までの間を10℃/s以上の速度で冷却することによって行う。焼鈍温度が (Cu固溶温度+10℃) 未満であるとき、粗大なCu析出物が製品中に残留し

、その後の時効焼鈍によっても高強度とならない。また、冷却速度が10℃/sを超える場合にも、Cuが粗大に析出し、その後の時効焼鈍によっても高強度とならない。仕上焼鈍温度の上限は特に設けないが、1150℃を超えると、鋼板表面の酸化に伴う鉄損劣化が大きくなるので1150℃以下とすることが望ましい。

なお、Cu固溶温度(T_s)は

$$T_s (\text{℃}) = 3351 / \{ 3.279 - \log_{10} (\text{Cu質量}\%) \} - 273$$

により求められる。

【0031】

引き続き時効処理は、400℃以上650℃以下の温度で行う。すなわち、400℃未満の場合には、微細Cuの析出が不十分となり、高強度が得られない。一方、650℃を超えるとCu析出物が粗大化するため、鉄損が劣化し強度上昇量も減少するため、良好な強度－鉄損バランスを有する電磁鋼板が得られない。なお、適切な時効時間は処理温度にも依存するが、20s以上1000h以下が好適である。なお、この時効処理の実施時期は、絶縁被膜の塗布焼付け前、焼付け後、プレス打ち抜きなどの加工後、などのいずれのタイミングで実施してもよい。

【0032】

【実施例】

実施例1

表1に示す成分組成を有する鋼を転炉で溶製し、連続鋳造によりスラブとした。次いで、このスラブを、熱間圧延により板厚2.2mmの熱延板とした。この熱延板を、冷間圧延により最終板厚0.5mmの冷延板としたのち、表1に示す焼鈍条件にて仕上焼鈍した。その際、Cu固溶温度から400℃までの冷却速度は20℃/sとした。その後、仕上焼鈍板に500℃および10hの時効処理を施したのち、絶縁被膜を被成し製品板とした。なお、製品の組成は表1に示すスラブ組成と同じであった。

【0033】

かくして得られた製品板について、平均結晶粒径 d 、鉄損 $W_{15/50}$ 、降伏応力 Y_S を評価した。なお、鉄損はエプスタイン試験法により測定した。降伏応力 Y_S は、製品板の圧延方向とその直角方向について測定し、その値を平均して求めた。

平均結晶粒径 d は、製品断面の光学顕微鏡観察により円相当径として求めた。

これらの評価結果を表 1 に示す。

【0034】

【表1】

No	成分組成 (mass%)								製品粒径 d (mm)	Ts (°C)	仕上焼鈍 温度 (°C)	CYS (MPa)	製品特性		備考
	C	Si	Mn	Al	P	Ni	Cu	その他					YS (MPa)	W _{15/50} (W/kg)	
1	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	0.1		0.10	510	1000	520	420	2.7	比較例
2	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	0.2		0.10	569	1000	520	520	2.6	発明例
3	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	0.5		0.10	663	1000	520	612	2.7	発明例
4	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	1.5		0.10	807	1000	520	620	2.7	発明例
5	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	2		0.10	852	1000	520	608	2.6	発明例
6	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	3		0.10	923	1000	520	522	2.6	発明例
7	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	4.2		0.10	989	1000	520	440	4.5	比較例
8	0.002	0.1	0.10	0.001	0.02	0.01	1.5		0.03	807	820	342	427	6.1	発明例
9	0.002	4.5	0.10	0.20	0.02	0.01	1.5		0.10	807	1000	710	850	2.2	発明例
10	0.002	0.1	0.10	0.001	0.02	0.01	0.01		0.03	362	820	342	225	6.1	比較例
11	0.002	4.5	0.10	0.20	0.02	0.01	0.01		0.10	362	1000	710	612	2.2	比較例
12	0.02	2.5	0.10	0.20	0.02	0.01	1.5		0.10	807	1000	620	685	2.7	発明例
13	0.002	2.5	3.0	0.20	0.02	0.01	1.5		0.10	807	1000	665	670	2.8	発明例
14	0.002	2.5	0.10	3.0	0.02	0.01	1.5		0.10	807	1000	623	670	2.3	発明例
15	0.002	2.5	0.10	0.20	0.50	0.01	1.5		0.10	807	1000	728	780	2.7	発明例
16	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	5.0	1.5		0.10	807	900	644	680	2.6	発明例
17	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Zr:1		0.10	807	1000	520	620	2.5	発明例
18	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 V:1		0.10	807	1000	520	615	2.5	発明例
19	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Sb:0.05		0.10	807	1000	520	618	2.4	発明例
20	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Sn:0.05		0.10	807	1000	520	621	2.5	発明例
21	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Ge:0.05		0.10	807	1000	520	612	2.6	発明例
22	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 B:0.005		0.10	807	1000	520	615	2.6	発明例
23	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Ca:0.005		0.10	807	1000	520	613	2.6	発明例
24	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Ce:0.005		0.10	807	1000	520	605	2.6	発明例
25	0.002	2.5	0.10	0.20	0.02	0.002	1.5 Co:0.5		0.10	807	1000	520	607	2.5	発明例

表1

【0035】

表1に示すように、成分組成を本発明の範囲内に制御したものは、いずれも製品板において、高強度を有し、かつ鉄損に優れたものとなった。

これに対し、低Si成分系の従来鋼（比較例：No. 10）および高Si成分系の従来鋼（比較例：No. 11）では、良好な鉄損が得られるものの、強度が低い。また、Cuを過剰に含有する鋼（比較例：No. 7）は、鉄損が悪くかつ強度も低かった。

【0036】

実施例2

C：0.003%、Si：0.12%、Mn：0.10%、Al：0.2%、P：0.05%、Ni：0.1% およびCu：1.5%の組成を有する鋼Aと、C：0.003%、Si：0.12%、Mn：0.10%、Al：0.2%、P：0.05%、Ni：0.1%およびCu：0.02%の組成を有する鋼Bと、を転炉により溶製し、連続 casting によりスラブとした。

ここで、Cu固溶温度（Ts）は、鋼Aが807℃および鋼Bが400℃であった。

【0037】

このスラブを、熱間圧延により板厚1.8mmの熱延板とし、熱延板に800℃×5 hの熱延板焼鈍を施した後、1回冷延法により板厚0.35mmの冷延板とした。さらに、この冷延板に、表2に示す条件で仕上焼鈍を行い、ついで絶縁被膜を被成し、表2に示す時効処理を行って製品とした。なお、製品板の組成は、スラブ組成と同じであった。

【0038】

かくして得られた製品板について、実施例1の場合と同様に、平均結晶粒径d、鉄損W_{15/50}および降伏応力YS（MPa）を評価した。

その評価結果を表2に示すように、鋼組成、仕上焼鈍条件および時効処理条件を本発明範囲内に制御したものは、製品板において優れた鉄損と高強度とを得ることができた。

【0039】

しかしながら、Cuを添加しない従来鋼B（比較例：No. 9）では、優れた鉄損を得ることはできるが、高強度を得ることができない。また、仕上焼鈍温度が低すぎる場合（比較例：No. 1）、仕上焼鈍冷却速度が遅すぎる場合（比較例：No. 4

）には、鉄損が劣化するばかりでなく、高強度も得ることができない。さらに、時効温度が低すぎる場合（比較例：No. 5）には、高強度が得ることができず、時効温度が高すぎる場合（比較例：No. 8）には、鉄損が劣化し、高強度も得ることができなかった。

【0040】

【表2】

表2

No	鋼	仕上焼鈍		時効処理 温度 (°C)	製品粒径 d (mm)	製品特性		備考
		温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)			CYS (MPa)	YS (MPa)	
1		800	10	500	0.025	379	314	比較例
2		817	10	500	0.030	372	455	発明例
3		850	10	500	0.035	362	451	発明例
4	A	817	5	500	0.030	372	310	比較例
5		817	10	350	0.030	372	258	比較例
6		817	10	400	0.030	372	452	発明例
7		817	10	650	0.030	372	440	発明例
8		817	10	700	0.030	372	261	比較例
9	B	817	10	500	0.030	372	225	比較例

【0041】

【発明の効果】

本発明によれば、磁気特性に優れ、しかも高い強度を有する電磁鋼板を安定して提供することができる。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 良好な磁気特性と高強度とを両立した無方向性電磁鋼板およびこの鋼板を工業的に安定して生産することを可能とする製造方法について提案する。

【解決手段】 C : 0.02%以下、Si : 4.5%以下、Mn : 3.0%以下、Al : 3.0%以下、P : 0.50%以下、Ni : 5.0%以下およびCu : 0.2%以上4.0%以下を含有し、残部Feおよび不可避免の不純物の成分組成を有し、降伏応力を下記式で示されるCYS (MPa) 以上とする。

記

$$CYS = 180 + 5600 [\%C] + 95 [\%Si] + 50 [\%Mn] + 37 [\%Al]$$

$$+ 435 [\%P] + 25 [\%Ni] + 22 d^{-1/2}$$

ただし、d : 結晶粒の平均粒径 (mm)

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001258]

1. 変更年月日

1990年 8月13日

[変更理由]

新規登録

住 所

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

氏 名

川崎製鉄株式会社

2. 変更年月日

2003年 4月 1日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号

氏 名

JFEスチール株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.